

# PROPIEDADES DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE PRESOLDADURAS ENTRE ESTRUCTURAS DE METAL-BASE DE ACUERDO A LA SEPARACION DE LAS ESTRUCTURAS\*

OSCAR ALVAREZ D.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** *Soldadura, Aleaciones, Metal-Base, Espacio de separación, Estabilidad dimensional, Resistencia*

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue elevar la resistencia de las soldaduras y el cambio dimensional entre las estructuras de Metal-base, al efectuar procedimiento de soldadura antes de colocar porcelana, de acuerdo a la separación entre los componentes a soldar.

Se utilizó la aleación de Metal-base, Rexillum III (Jeneric/Pentron Inc) para obtener estructuras cilíndricas de 13 mm de largo, con 2,3 mm de diámetro; los cuales fueron preparados para recibir soldaduras con separaciones entre ellos de 0.3 mm (grupo I experimental), y 0.5 mm (grupo II experimental), con 10 muestras cada una.

El grupo control con 10 muestras de 26 mm de largo y 2.3 mm de diámetro coladas, las cuales no recibieron soldaduras.

Se analizó el cambio dimensional de los dos grupos experimentales de acuerdo a tres parámetros o circunstancias: 1. Antes de soldar 2. Despues de soldar y 3. Despues de termociclar.

Se encontró cambio dimensional de tipo encogimiento durante el procedimiento de soldadura, sin variación adicional significativa después del termociclado, independiente del espacio de separación de las estructuras a soldar. La resistencia a la flexión de estructuras soldadas, fue significativamente inferior a la misma estructura colada, siendo poco influenciado por el espacio de separación, donde a menor espacio se mostraron niveles ligeramente más altos de resistencia, pero más variables frente al mayor espacio, el cual fue ligeramente menos resistente y más predecible.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to elevate the resistance of solders and observe the dimensional change between metal-base structures by doing the soldering process prior to the placement of porcelain with different solder joint gap distances.

The sample consisted of two experimental and one control groups. The two experimental groups were made up of 10 the cylindric structures with a 13 mm. length and 2.3 mm. width made of Rexillum III (Jeneric/Pentron Inc.), a metal-based alloy and which were prepared in order to receive solders. In the first experimental group (I) there was a separation of 0.3 mm between the solders and in the second group (II) there was a separation of 0.5 mms. The control group consisted of 10 cast structures with a length of 26 mms. and a width of 2.3 mms. which received no solders. Dimensional changes were evaluated in the two experimental groups according to the following parameters: 1. Before soldering 2. After soldering 3. After thermocycling.

Shrinking during the soldering process was observed without any significant variation after thermocycling irrespective of the solder joint gap distance. Resistance to flexion of the soldered structures was significantly lower than that of the cast structure, with little influence by the separation gap, where at a smaller space slightly higher levels of resistance were observed, but more variable with larger gaps, which were slightly less resistant and more predictable.

## INTRODUCCION Y REVISION DE LA LITERATURA:

Las soldaduras de estructuras de aleaciones de metal-base, han mostrado ser una técnica sensible, con resultados impredecibles y que carece de confiabilidad por la dificultad en mantener la distribución de calor uniforme y prevenir la oxidación del metal (Kriebel, 1984;

\* Investigación para optar al título de Especialista en Prótesis Periodontal en el Instituto de Ciencias de la Salud, CES.

\*\* Odontólogo Universidad Javeriana, 1987

Asesor: Dr. Dan Fainboin

Ferenez, 1987; Townsend, 1983). También el sobrecalentamiento ocasiona crecimiento del grano, y cristalización de la aleación que lleva al rompimiento (Townsend, 1983; Fehling, 1986).

La soldadura es utilizada para evitar contracciones en prótesis coladas en una sola pieza (Garlapo 1983), y mejorar su asentamiento de forma significativa (Gegauff y Rosenstiel, 1989); pero no están libres de distorsión durante el procedimiento (Ziebert, 1986; Hulling y Clark 1977).

La resistencia a la tensión de estructuras soldadas, varía según la aleación, el tipo a que pertenezca y posibles combinaciones (Townsend, 1983; Staffanou, 1980), si el metal ha sido fundido previamente (Monday y Asgar, 1986), según el espacio de separación (Rasmussen, 1979), según el área y localización de la soldadura (Ferenez, 1987), de acuerdo a los componentes de la soldadura (Beck, 1986), tipo de soldadura (Kriebel, 1984) y teniendo en cuenta el medio ambiente como elemento corrosivo (Hawbolt, 1983).

La tensión es un medio efectivo para evaluar la fortaleza de las soldaduras. La flexión es el tipo de carga que experimenta la prótesis (Anusavice, 1985) y ésta varía también según la técnica, tipo de aleación y espacio de separación entre las estructuras.

Debido a lo nuevo de estas aleaciones ceramo-metálicas, y su uso creciente por bajo costo, buena unión a porcelana, bajo peso, y alta resistencia con el inconveniente de un alto rango de fusión para el procedimiento de soldadura, se intenta inclusive hacer la soldadura por medio de un colado en la zona del elemento soldador (Fehiling 1986). El objetivo de esta investigación fue conocer la variación de las propiedades de resistencia y estabilidad dimensional de las soldaduras de estructuras en metal-base, dependiendo del espacio de separación de las estructuras a soldar.

#### HIPOTESIS:

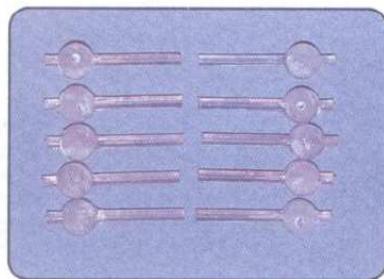
La resistencia de las soldaduras de aleaciones metal-base puede ir decreciendo en la medida en que se aumenta la separación entre los componentes a soldar.

Las soldaduras pueden ocasionar una distorsión o cambio dimensional de la estructura, inclusive después de realizadas durante el termociclado y según la separación entre las estructuras a soldar.

#### MATERIALES Y METODOS:

Para la elaboración de las muestras se utilizaron como patrones 60 bebederos o pines plásticos utilizados para la elaboración de núcleos, los cuales fueron preparados de forma estandarizada. (Gráfica 1).

GRAFICA 1



El grupo control fue constituido por 20 pines, unidos en los extremos para formar 10 barras, las cuales fueron revestidas y coladas, según especificaciones del fabricante, utilizando como revestimiento de colado el Ceramigold (Whip Mix, Corp. Luossville, Kentucky), utilizando previamente Debubbilizer (Kerr Manufacturing Company Romulus, Michigan) para romper la tensión superficial. Despues de una hora de fraguado del revestimiento se colocó en horno evaporador de cera (Jelrus, New York) hasta alcanzar 1600° F (870° C) por una hora.

Se escogió como aleación metal-base el Rexillium III (Jeneric Gold Co. Walling Ford Connecticut), basada en Níquel-Cromo, la cual tiene la siguiente composición:

- Cromo: 12 - 14%
- Níquel: 74 - 78%
- Molibdeno: 4 - 6%
- Berilio: 1.8%

La aleación se fundió con soplete gas-oxígeno con múltiples orificios, y se coló con centrífuga manual (Kerr Manufacturing Company Romulus, Michigan) cargada con 4 vueltas, y en forma estandarizada.

Una vez cortadas las barras del colado mediante discos de carburo, la interfase con soldadura se preparó con piedras blancas de Óxido de Aluminio con baja velocidad, en sentido horizontal, es decir de Vestibular a Lingual, luego arenados con óxido de Aluminio de 50 micras, posteriormente limpiados en ultrasonido con agua destilada por 5 minutos, y por último secados con papel y tabulados en los extremos en forma estandarizada. (Gráfica 2).

**GRAFICA 2**



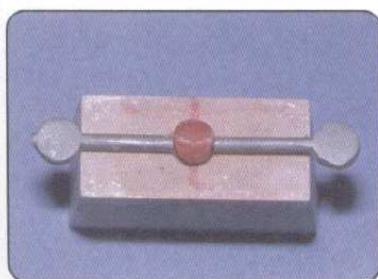
Se elaboró para las transferencias un bloque patrón en yeso tipo IV con una franja en la parte superior, para colocar las barras y establecer las separaciones de 0.3 mm y 0.5 mm mediante calibrador metálico; se mantuvo la separación o colocación uniendo las barras al troquel con cera pegajosa, mientras se colocó una matriz con perforación redonda de 0.5 cm. de diámetro para colocación estandarizada de Duralay (Reliance Dental MFG Co.), según instrucciones de fabricante.

Las muestras fueron almacenadas a 20°C/1°C por lo menos 24 horas y media con microscopio digital de taller (Leitz) con apreciación de lectura de 0.001 mm, en la parte superior e inferior, desde un punto tangente del círculo de tabulación de un lado, al otro lado.

Estos constituyen los 20 datos base de las muestras antes de soldar.

Para revestir se elaboró un troquel maestro en yeso tipo IV con la forma y tamaño adecuada para el revestimiento (Gráfica 3) sobre el cual se fabricaron matrices en parafina para cada muestra; se utilizó el revestimiento Hi-Heat (Whip-Mix, Corp.), 40 gr. con 11,2 ml de agua destilada para cada muestra.

**GRAFICA 3**



Con este fin se llenó la matriz de parafina y se involucraron las barras de metal-base con su transferencia de Duralay y se separaron de la matriz en la parte media para lograr una posición estandarizada y sin contacto, con el revestimiento en la parte media.

Una hora después, se removieron los excesos y las matrices de parafina, y se llevaron las muestras al horno evaporador de cera elevando la temperatura de 0°C a 800°C en 30 minutos, para luego proceder a soldar en orden de tabulación.

La soldadura utilizada fue RxNNP (Jeneric Gold Co.), con un rango de fusión entre 1850°C y 1975°F con soplete de oxígeno - gas, "Harris", cono único azul (The J. M. Ney Company) con zona reductora de aproximadamente 1/2" de longitud. Se colocó una cantidad generosa de fundente y se calentó la unión hasta conseguir un color naranja. Se colocó la soldadura en la unión, en la siguiente cantidad:

**GRUPO I:** Con separación de 0.3 mm requirió 1.24 mm<sup>3</sup> de soldadura, es decir, mínimo 0.945 mm de barra de soldadura comercial, y se decidió colocar 1.2 mm para compensar encogimiento y conseguir el llenado del espacio con algún exceso de material.

**GRUPO II:** Con separación de 0.5 mm, requirió 2.07 mm<sup>3</sup>, es decir como mínimo 1.59 mm de barra de soldadura, y se colocó 1.7 mm con la misma justificación del grupo I.

Después de fluir la soldadura se retiró la llama, se permitió su enfriamiento y se retiró el bloque de revestimiento. Se arenó con óxido de Aluminio de 50 micras y se limpió en ultrasonido con agua destilada por 5 minutos y se secó con papel.

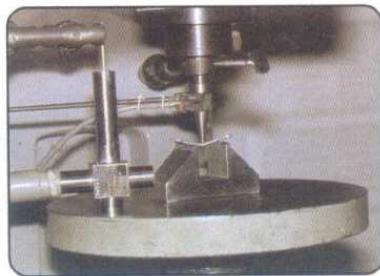
Las muestras fueron medidas de manera similar a como se hizo antes de soldar y sus valores fueron registrados.

A las muestras soldadas y coladas se les eliminó los excesos con un disco de carburo hasta conseguir un diámetro de 1.5 mm, se colocaron en horno para porcelana (Jetras, Prog. 3) al vacío, hasta alcanzar una temperatura de 880°C (1650°F) por 6 minutos, se dejaron al medio ambiente por 30 minutos, antes de repetir el procedimiento otras veces. Este termociclado buscó imitar el efecto de la temperatura durante la colocación de la porcelana, y las muestras fueron medidas de manera similar a como se hizo antes y después de soldar.

Tanto los grupos experimentales como el control fueron sometidos a pruebas de resistencia a la flexión, sobre un soporte metálico y fuerza aplicada en el centro de la muestra, en dirección perpendicular, mediante un Durómetro (Schenk 38505), con un promedio de carga de 0.25 mm/min, y su medición por medio de extensiometría eléctrica (Hottinger KWS 3073) con graficador (Hewlett Packard 7015 B) y los valores máximos en el momento de la fractura fueron registrados.

Las muestras con los valores más bajos, más altos y que se fracturaron antes de la prueba de resistencia de los grupos soldados, así como del grupo colado fueron observadas con estereomicroscopio (Stemi SV8 - ZEIZZ) y fotografiadas con equipo de fotografía automática (Wild, MPS 45) para analizar la parte de la fractura y los vacíos existentes. Gráfica 4.

**GRAFICA 4**



La medición del error se estableció para el cambio dimensional en 9 micras, es decir que otra medición en este parámetro no es representativa para la muestra, mientras que para resistencia no es posible medir el error, por no ser posible repetir una medición en la misma muestra.

El análisis estadístico para el cambio dimensional se hizo con análisis de varianza y diferencia de medias con observaciones pareadas y para la resistencia a la flexión se hizo análisis de varianza y pruebas de igualdad de tensiones medias entre los grupos.

## RESULTADOS:

### CAMBIO DIMENSIONAL

Se encontraron diferencias entre los valores medios de las longitudes de las muestras, antes de soldar, después de soldar y después de termociclar por medio de análisis de varianza con un nivel de significación de

0.01, tanto para el análisis de todas las muestras, como para cada grupo separadamente. Estas diferencias, según la prueba de hipótesis de diferencia de medias, fueron del siguiente tipo:

**TABLA 1**  
**DIFERENCIAS ENTRE MEDICIONES**  
(Puntos L y G)

	LG ANTES DE SOLDAR	LG DESPUES DE SOLDAR	LG DESPUES DE TERMOCICLAR
LG ANTES DE SOLDAR	—	S	S
LG DESPUES DE SOLDAR	S	—	NS
LG DESPUES DE TERMOCICLAR	S	NS	—

S = Significativa

NS = No significativa

La longitud de las muestras presentó un encogimiento de aproximadamente 170 micras entre la longitud antes de soldar y después de soldar, encogimiento que no varió significativamente después de termociclar y tan sólo presentó un leve encogimiento en el grupo soldado a 0.3 mm y una leve expansión en el grupo soldado a 0.5 mm

## RESISTENCIA A LA FLEXION

**TABLA 2**

**ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE RESISTENCIA A LA FLEXION PARA LOS GRUPOS EXPERIMENTALES I, II (SOLDADOS A 0.3 mm Y 0.5 mm)\*\* Y GRUPO CONTROL (COLADO) en megapascales (Mpa)\***

VARIABLE	TOTAL	GRUPO I	GRUPO II	CONTROL
Tamaño muestra	28	8	10	10
Promedio	1119.69	793.6	579.89	1920.37
Mediana	963.55	783.1	467	1910.35
Moda	426.3	343.4	426.3	1859.3
Desviación Standard	720.095	540.803	366.725	251.094
Mínimo	94.7	106.6	94.7	1501.0
Máximo	2247.1	1512.9	1295.3	2247.1

\* Mpa = Valores en Megapascales

\*\* mm = Milímetros

La Tabla 2 muestra que el promedio más alto en resistencia fue del grupo colado (1920.37 Mpa), seguido del grupo soldado a 0.3 mm (793.6 Mpa) y por último el grupo soldado a 0.5 mm (579.89 Mpa).

La variación de los resultados para cada grupo mostró una menor variación o mayor predecibilidad para el grupo colado que dio una desviación estandar de 251.094, mientras para el grupo soldado a 0.5 mm fue de 366.725 y el grupo soldado a 0.3 mm fue de 540.803 siendo el de mayor variación en resultados y más impredecible.

El análisis de varianza demostró diferencias entre los valores medios de resistencia y la prueba de igualdad de resistencias medias para grupos demostró diferencias significativas y no significativas (Tabla 3).

**TABLA 3**

**DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DE RESISTENCIA A LA FLEXION PARA LOS GRUPOS EXPERIMENTALES I, II Y GRUPO CONTROL**

	GRUPO I (0.3 mm)*	GRUPO II (0.5 mm)	GRUPO CONTROL (Colado)
GRUPO I (0.3 mm)	—	NS	S
GRUPO II (0.5 mm)	NS	—	S
GRUPO CONTROL	S	S	—

S = Significativo    NS = No significativo    mm\* = Milímetros

Los niveles de deformación en milímetros de cada grupo en el momento de fractura, y sus valores medios, fueron mucho mayores para el grupo colado que alcanza una deformación promedio de 1.9 mm frente a los grupos soldados que alcanzan 0.4 mm para el grupo soldado a 0.3 mm y de 0.5 mm para el grupo soldado a 0.5 mm. Esta deformación únicamente muestra en relación con la resistencia para el grupo control (Colado) en el cual manifiesta la tendencia de continuar deformándose resistiendo la misma cantidad de carga.

El análisis en estereomicroscopio mostró para el grupo soldado a 0.3 mm, que la muestras fracturadas antes de la prueba de resistencia evidenciaron fluidez incompleta, localizada en la parte marginal, la muestra de menor resistencia, un cubrimiento mayor pero con grandes y numerosos vacíos, y la muestra más resistente tenía un cubrimiento total, sin formación de vacíos.

Para el grupo soldado a 0.5 mm, no se presentaron muestras fracturadas antes de la prueba a resistencia, y al analizar las muestras de mayor y menor resistencia

se hallaron similares características al grupo anterior, con la diferencia de evidentes vacíos en la muestra de mayor resistencia.

El grupo control evidenció lateralmente una línea de fractura externa e incompleta, localizada en el lado opuesto a la aplicación de la fuerza y transversalmente cristales en zona de fractura sin vacíos.

## DISCUSION

### CAMBIO DIMENSIONAL

La contracción sufrida de alrededor de 175 micras puede ser ocasionada por una discrepancia entre la expansión de fraguado y térmica del revestimiento con la contracción térmica de la soldadura durante el enfriamiento al hacer la soldadura, y ningún cambio adicional significativo al termociclar, siendo similares resultados a los de Ziebert y colaboradores en 1986 quienes encontraron encogimiento de 218 micras en aleaciones altamente nobles, en la parte oclusal; existen otros estudios como los de Gegauff y Rosenstiel en 1989, demostraron discrepancias marginales de 70 micras a 990 micras en prótesis soldadas.

### RESISTENCIA A LA FLEXION:

La gran resistencia mostrada por el grupo colado de 1920.37 Mpa, frente a los grupos soldados de 579.89 Mpa para grupo II y 793.6 Mpa para grupo I, evidencia la diferencia significativa entre los tipos de conectores.

La soldadura con menor separación (0.3 mm) fue más resistente y variable que la de mayor separación (0.5 mm) que fue ligeramente menos resistente pero con resultados más consistentes, con poca deformación para grupos soldados (0.4 mm) frente a la gran deformación de las muestras coladas (1.9 mm), las cuales resisten la carga sin fracturarse y van cediendo al tiempo que van aumentando la carga, es decir la muestra se va templando y adquiriendo mejores propiedades al deformarse.

Estos resultados no son comparables con estudios como el de Staffanou y colaboradores en 1980, que evaluaron resistencia a la tensión de todos los tipos de aleaciones pre y postsoldadas con separación de 0.3 mm; Monday y Asgar en 1986 que evaluaron resistencia a la tensión de pre y post solder de metal altamente noble fundido 1 ó 2 veces y soldado a 0.508 mm; Ferenez en 1987 evaluó resistencia según zonas y

orientaciones de soldaduras en separación de 0.35 mm el cual sólo fue similar la alta sensitividad de la técnica; Beck en 1986 y Hawbolt en 1983, que evaluaron diferentes tipos de soldadura; Janus en 1983 y 1985 que analizó microestructuralmente aleaciones nobles y altamente nobles soldadas a 0.3 y 0.2 mm; comparó resistencia a tensión de aleaciones altamente nobles y metal-base soldadas a 0.127 mm.

Se encontró igual inconsistencia y éxito variable al estudio sobre resistencia a la tensión de presoldadura de aleaciones metal-base en el estudio elaborado por Townsend en 1983, así como una conclusión de Rasmussen y colaboradores en 1979, que evaluó diferentes separaciones en soldadura de metales altamente nobles encontrando disminución de la resistencia al aumentar la separación.

Al comparar los estudios de resistencia a la flexión, como el de Lorenzana y colaboradores en 1987 sobre aleaciones nobles y altamente nobles presoldadas a 0.3 mm se encontraron valores de 1800 Mpa, siendo considerablemente mayores, a los de este estudio de 793 Mpa con separación de 0.3 mm y 580 Mpa con separación de 0.5 mm en aleación de metal-base.

Esta diferencia fue posiblemente debido al tipo de aleación y a la amplitud de la barra, la cual en el estudio de Lorenzana era de 3 mm x 4 mm y acá era redonda de 1.5 mm de diámetro, siendo mucho menor de área.

Mientras el estudio de Anusavice y colaboradores en 1985, mostró valores de resistencia a la flexión de 448 Mpa en grupo soldado a 0.25 mm y 415 Mpa en grupo soldado a 0.51 mm para la misma aleación de este estudio, este valor, considerablemente menor al de este estudio puede ser influenciado por el área a soldar, la cual en el estudio de Anusavice era de 25 mm<sup>2</sup>, mucho mayor a este estudio y posiblemente dificultó la técnica

y produjo valores más bajos. Resultados similares en cuanto a presentarse disminución de resistencia al aumentar la separación, y menor variabilidad en resultados en el grupo soldado con mayor separación.

Anusavice y colaboradores encontraron en el grupo colado un valor de 1098 Mpa, mientras en este estudio fue de 1920 Mpa, resultado mayor y no esperado por ser barras más delgadas, al parecer debido a una estructura que al ser más delgada es más organizada y permite deformarse antes de fracturarse, sufriendo temple especialmente en la parte de aplicación de la fuerza donde no se fractura.

## CONCLUSIONES:

Con las limitaciones de este estudio, es posible llegar a concluir sobre presoldaduras de barras de aleación metal-base (Rexillium III), soldadas con distancia de separación de 0.3 mm y 0.5 mm, lo siguiente:

1. El cambio dimensional entre la longitud antes de soldar y después de soldar, sin distorsión adicional al termociclar, no siendo influenciado por la separación de la soldadura.
2. La resistencia a la flexión fue mayor y la diferencia significativa para las estructuras coladas frente a las soldadas.
3. Las muestras soldadas a menor separación fueron ligeramente más resistentes y más variables que las soldadas a mayor separación.
4. La deformación de las muestras coladas fue mayor a las soldadas no siendo influenciada por la separación de las soldaduras.
5. La fluidez y la formación de vacíos constituye un factor importante en la resistencia de las soldaduras.

## BIBLIOGRAFIA

- ANUSAVICE K. J., OKABE T., GALLOWAY S. E., HOYT D.J., MORSE P.K., Flexure test evaluation of presoldered base metal alloys. *J. PROSTHET DENT* 54: 507-517 1985.
- BECK, D.A., MOON, P.C., JANUS, C.E., A quantitative study of preporcelain soldered connector strength with palladium-based porcelain bonding alloys. *J. PROSTHET DENT*. 56: 301-6. 1986.
- FEHLING, A. W., SANSON B.P., MEISER E.T., JOHNSON P.F., Cast connectors: An alternative to soldering base metal alloys. *J. PROSTHET DENT*. 55: 195-197. 1986.
- FERENEZ J. L., Tensile strength analysis of midpontic soldering. *J. PROSTHET DENT*. 57: 696-703. 1987.
- GARLAPO D.A., LEE S-H, CHOUNG C.K., SORENSEN S.E., Spatial changes occurring in fixed partial dentures made as one - piece castings. *J. PROSTHET DENT*. 49: 781-785. 1983.
- GEAUFF A. G., ROSENSTIEL S.F., The seating of one-piece and soldered fixed partial dentures. *J. PROSTHET DENT* 62: 292-297. 1989.
- HAWBOLT E.B., HACENTEE M.I., ZAHEL J.I., The tensile strength and appearance of solder joints in three base-metal alloys made with high- and low-temperature solders. *J. PROSTHET DENT*. 50: 362-367. 1983.
- HULING J.S., CLARK E.R., Comparative distortion in three - unit fixed prostheses joined by laser welding, conventional soldering, or casting in one piece. *J. DENT RES* 56: 128-134. 1977.
- ROSENSTIEL S. F., LAND M., FUJIMOTO J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. The C. V. Mosby Company. St. Louis, Missouri. 1988.
- STAFFANOU R.S., RADKE R.A., JENDRESEN M.D., Strength properties of soldered joints from various ceramic - metal combinations. *J. PROSTHET DENT* 43: 31-39. 1980.
- TOWNSEND L. W. A., VERMILYEA S.G., GRISWOLD W.H., Soldering nonnoble alloys. *J. PROSTHET DENT* 50: 51-53. 1983.
- ZIEBERT G.J., HURTADO A., GLAPA C., SCHIFFLEGER B.E., Accuracy of one-piece castings, preceramic and postceramic soldering. *J. PROSTHET DENT* 55: 312-317. 1986.